3Т

УДК 004.832.2

В.Ю. Тітова
Хмельницький національний університет, Україна
sobaka2032@rambler.ru

Оцінювання ефективності рішень в системі підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб

У статті розглядаються відомі методи оцінювання ефективності рішень, аналізується можливість їх використання у системі підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб. Пропонується метод оцінювання ефективності рішень, який дозволяє підвищити відсоток прийнятих правильних рішень.

Вступ

У своїй повсякденній професійній діяльності спеціалісти державних служб та силових відомств і оперативно-чергових служб (ОЧС) часто мають справу з задачею прийняття рішень, суть якої полягає у генерації можливих альтернатив, їх оцінюванні та виборі кращої з них. Вибір альтернатив ґрунтується на врахуванні великої кількості суперечливих вимог і оцінюванні варіантів рішень за багатьма критеріями. Суперечливість вимог, неоднозначність оцінювання ситуації, неповнота та несвоєчасність отриманої інформації значною мірою ускладнюють прийняття остаточного рішення і суттєво впливають на його якість.

Для підвищення ефективності остаточного рішення необхідно забезпечити особі, що приймає рішення, інформаційно-аналітичну підтримку прийняття рішень, а саме, створити систему підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб (СППР ОЧС), яка буде містити модуль, що забезпечить можливість вибору кращої альтернативи за допомогою методу оцінювання ефективності рішень. Розроблення зазначеного методу і є **метою даної роботи**.

Характеристика предметної області

Оперативний черговий (ОЧ) ОЧС органів внутрішніх справ за своїми функційними обов’язками є особою, що приймає рішення (ОПР) по охороні суспільного порядку і боротьбі зі злочинністю [1].

Після надходження інформації про ситуацію та її первинної обробки на предмет вірогідності, значущості та корисності, ОЧ визначає необхідні для подальшої роботи дані. Після цього він виконує задачу розпізнавання ситуації, визначає її статус та приймає на основі цього певний набір первинних рішень для її вирішення. Наступними задачами, що постають перед ОЧ, є прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків виконання кожного з первинних рішень. На основі визначених наслідків ОЧ має прийняти остаточне рішення для вирішення ситуації [1].

Як приклад розглянемо таку ситуацію. Трапилася сутичка між членами двох злочинних угруповань, під час якої мало місце застосування вогнепальної зброї. ОЧ, в даній ситуації, повинен прийняти рішення, яке б дозволило: якомога швидше припини-

ти перестрілку, затримати осіб, що спричинили ситуацію, та не допустити зростання втрат серед цивільного населення. На перший погляд, ОПР має вирішити задачу пошуку ефективного рішення за трьома критеріями. Але наведені критерії залежать від характеристик ситуації, які пов'язані між собою прямими та зворотними зв'язками, неочевидними з першого погляду. У свою чергу, характеристики залежать від зовнішніх факторів та обмежень, що накладаються зовнішнім середовищем.

На рис. 1 зображено взаємозв'язки та залежності між критеріями, необхідними для вибору рішення, та характеристиками ситуації, які мають враховуватись ОЧ при виборі рішення, пунктиром позначені зовнішні фактори і обмеження, які накладаються зовнішнім середовищем.

Отже, фактично, для прийняття рішення ОЧ має вирішити задачу пошуку ефективного рішення не за трьома, а за вісьмома критеріями. Крім того, на правильність цього рішення будуть впливати зовнішні фактори, а саме: час доби, завантаженість доріг, розташування сил та засобів, які необхідно задіяти для припинення ситуації, тощо. Деякі з цих факторів можуть змінюватись у часі. Тому найбільш ефективне, прийняте спочатку рішення в майбутньому може виявитись неефективним або найгіршим.

Таким чином, якість прийнятого ОЧ рішення буде залежати не тільки від обраних критеріїв, але й від обмежень, що накладаються зовнішніми факторами.

Отже, робота ОЧ з прийняття рішень відноситься до задач багатокритеріального вибору в умовах значної невизначеності [2].

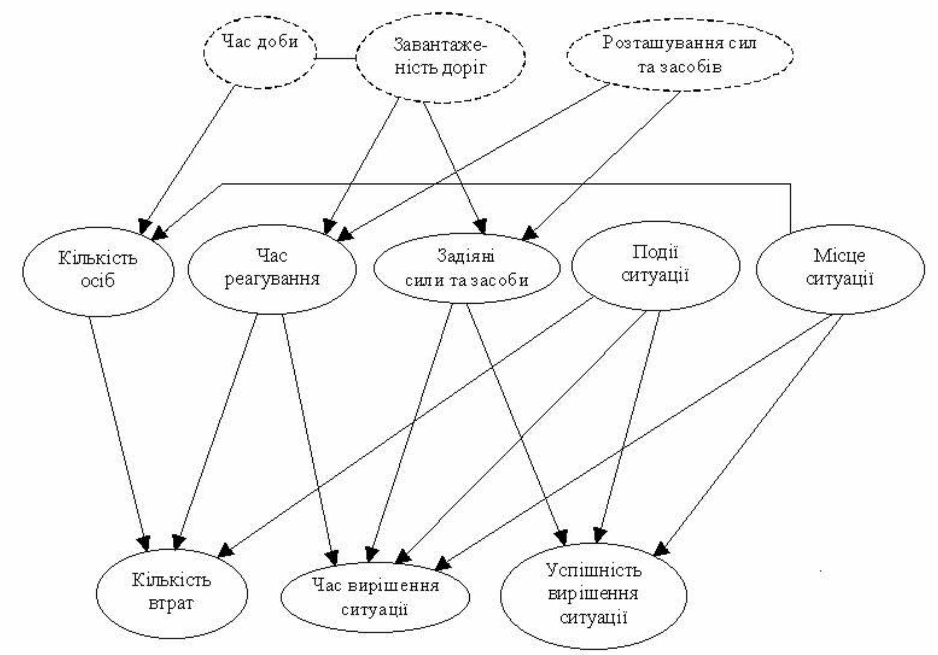


Рисунок 1 – Взаємозв'язки між характеристиками

У своїй роботі ОЧ ОЧС здійснює вибір рішення з скінченої множини можливих рішень $R = \{r_j\}, j = \overline{1,q}$. Ці рішення є реакціями на цілком визначену зовнішню ситуацію s з множини $S = \{s_t\}, t = \overline{1,w}$, де w – загальна можлива кількість ситуацій. Щоб прийняти рішення r_j для ситуації s, ОЧ має проаналізувати його наслідки $N = \{n_{ij}\}, i = \overline{1,p}, j = \overline{1,q}$ для кожного критерію, обраного з відповідної множини $\{k_i\}, i = \overline{1,p}$, де p – максимальна можлива кількість критеріїв, та визначити для кожного рішення r_j його ефективність.

При цьому наслідки є невизначеними та залежать від зовнішніх факторів, а саме від конкретної ситуації s. Отже, формальний опис моделі задачі оцінювання ефективності рішень має такий вигляд:

$$E_{r_j} = M(N_s, k_s), \qquad (1)$$

де E_{r_j} – ефективність рішення r_j, M – це метод, за яким ведеться пошук ефективного рішення; N_s – наслідки можливих рішень для ситуації s; k_s – множина критеріїв для оцінювання наслідків ситуації s, згідно з якими оцінюється ефективність можливих рішень.

Метод оцінювання ефективності рішень для оперативно-чергових служб

Реалізація методу оцінювання ефективності рішень базується на організації пошуку рішення за відібраними критеріями, тобто вирішенні задачі багатокритеріальної оптимізації.

На сьогоднішній день методи вирішення задач багатокритеріальної оптимізації розділяють на два класи [3], [4]: 1) методи, що дозволяють виділити деяку множину прийнятних варіантів; 2) методи пошуку єдиного ефективного рішення. До методів першого класу, наприклад, належить метод Парето. Але подібні методи не можуть бути використані при прийнятті рішень ОЧ, оскільки головною метою ОЧ є пошук єдиного ефективного рішення.

До методів другого класу, наприклад, відносяться методи з використанням узагальнюючого критерію (адитивний, мультиплікативний, максимінний) [3] та аналітична ієрархічна процедура (Analytic Hierarchy Process, AHP) Сааті або метод попарних порівнянь [4].

Перевагою перших методів є те, що завжди вдається визначити єдиний оптимальний варіант рішення. До недоліків відносять суб'єктивізм у визначенні вагових коефіцієнтів критеріїв та компенсацію значень часткових критеріїв [3], [5]. Останній недолік може призвести до того, що рішення, обране за найкращим сумарним результатом, має не найкращі результати за критеріями з найбільшими ваговими коефіцієнтами, які компенсуються найкращими результатами за критеріями з меншими ваговими коефіцієнтами. Як результат, обране рішення буде не самим ефективним, а це, в свою чергу, може призвести до втрат серед населення, матеріальних та моральних збитків тощо. Отже, відомі методи на основі узагальнюючого критерію не можуть бути використані для оцінювання ефективності рішень в ОЧС.

Вищезазначені недоліки фактично ліквідовані аналітичною ієрархічною процедурою Сааті, але ця процедура має ряд недоліків, а саме: недосконалість шкали переваг та отримання результатів типу «критерій К1 важливіший за критерій К2» [4], не завжди враховуючи наскільки саме важливіший. Сааті пропонує таку шкалу переваг:

1 – рівноцінність;
3 – помірна перевага;
5 – велика перевага;
7 – дуже велика перевага;
9 – найвища перевага.

Розглянемо ситуацію, коли критерій К1 має дуже велику перевагу над критерієм К2, а критерій К2 має дуже велику перевагу над критерієм К3. Що можна сказати про перевагу критерію К1 над критерієм К3? Логічно зробити висновки, що критерій К1 має перевагу над К3 в 49 разів (7 помножити на 7), але цей висновок не входить у рамки даної шкали. Єдиним рішенням залишається зробити висновок, що критерій К1 має найвищу перевагу над критерієм К3, і в подальшому доведеться використовувати градацію шкали «9». Але в ОЧС, при оцінюванні ефективності рішень, через велику кількість прямих і зворотних зв'язків між характеристиками (рис. 1), перевага кожного критерію над іншими має дуже велике значення, тому цей метод не може бути використаний.

Для оцінювання ефективності рішень в ОЧС використаємо переваги двох вищезазначених методів.

Як зазначалося вище, для оцінювання ефективності рішення необхідно опрацювати значення множини наслідків N та множини критеріїв k за визначеним методом. На основі наведених множин сформуємо три матриці.

В першу (А) заносяться дані відношень критеріїв, в другу (В) і третю (С) значення, які відображають наслідки можливого рішення для кожного критерію.

Значення критеріїв обчислюються за допомогою методу попарних порівнянь з використанням шкали переваг Сааті. Попарно порівнюється лише один окремий критерій з усіма іншими. У результаті визначається перевага критерію k_i. Після цього дані заносяться у перший рядок матриці А (2). Всі подальші переваги обчислюються за математичними розрахунками. Таким чином, можна уникнути обмежень, що накладаються градацією шкали переваг.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & kx_1/kx_2 & \cdots & kx_1/kx_p \\ kx_2/kx_1 & 1 & \cdots & kx_2/kx_p \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ kx_p/kx_1 & kx_p/kx_2 & \cdots & 1 \end{bmatrix}, \qquad (2)$$

де $kx_1 ... kx_p$ – відповідні критерії, p – максимальна кількість критеріїв, за якими виконується оцінювання.

Далі значення критеріїв нормуються таким чином, щоб їх сума дорівнювала одиниці, тобто визначається ваговий коефіцієнт кожного критерію. Для цього вони обчислюються за такими формулами:

$$kx`_j = \sum_{i=1}^{p} kx_{ij}, j = \overline{1,p}, \qquad (3)$$

$$k_i = kx`_i / \sum_{j=1}^{p} kx`_j, i = \overline{1,p}. \qquad (4)$$

Після цих перетворень матриця A\` матиме вигляд:

$$A' = \lfloor k_1 \quad k_2 \quad \cdots \quad k_p \rfloor, \qquad (5)$$

де $k_1 \ldots k_p$ – вагові коефіцієнти відповідних критеріїв.

В матрицю В (6) заносяться значення наслідків можливих рішень за кожним обраним критерієм.

$$B = \begin{bmatrix} nx_{11} & nx_{12} & \cdots & nx_{1p} \\ nx_{21} & nx_{22} & \cdots & nx_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ nx_{m1} & nx_{m2} & \cdots & nx_{mp} \end{bmatrix}, \qquad (6)$$

де $nx_{11}...nx_{mp}$ – значення відповідних наслідків за відповідними критеріями, m – максимальна кількість рішень, для яких виконується оцінювання.

Далі дані нормуються таким чином, щоб сума значень у кожному стовпчику дорівнювала одиниці. У випадку, коли найкращим результатом для j-го критерію є максимальне значення наслідку рішення, значення в j-му стовпчику обчислюються за формулою (7)

$$n_{ij} = nx_{ij} / \sum_{j=1}^{p} nx_{ij}, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,p}. \tag{7}$$

У випадку, коли для j-го критерію найкращим результатом є мінімальне значення наслідку рішення, значення в j-му стовпчику обчислюються за такою формулою:

$$nx`_{ij} = \sum_{j=1}^{p} nx_{ij} / nx_{ij}, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,p}. \tag{8}$$

Після цього $nx`_{ij}$ підставляються у формулу (7) замість $nx_{ij}$. Після виконаних перетворень матриця B` має вигляд:

$$B' = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \cdots & n_{1p} \\ n_{21} & n_{22} & \cdots & n_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ n_{m1} & n_{m2} & \cdots & n_{mp} \end{bmatrix}, \tag{9}$$

де $n_{11}...n_{mp}$ – нормовані значення відповідних наслідків.

В матрицю C (10) також заносяться значення наслідків кожного можливого рішення за кожним критерієм.

$$C = \begin{bmatrix} nx_{11} & nx_{12} & \cdots & nx_{1p} \\ nx_{21} & nx_{22} & \cdots & nx_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ nx_{m1} & nx_{m2} & \cdots & nx_{mp} \end{bmatrix}. \tag{10}$$

Перетворення над нею виконуються таким чином. Якщо найкращим результатом для j-го критерію є максимальне значення наслідку рішення, то $n^o_{ij} = nx_{ij} / nx_{\max j}$, де n^o_{ij} – нормоване значення відповідного наслідку, $nx_{\max j}$ – максимальне значення наслідку в j-му стовпці. Якщо для j-го критерію найкращим результатом є мінімальне значення наслідку рішення, то $n^o_{ij} = nx_{ij} / nx_{\min j}$, де $nx_{\min j}$ – мінімальне значення наслідку в j-му стовпці. Матриця C` буде мати вигляд:

$$C' = \begin{bmatrix} n^o_{11} & n^o_{12} & \cdots & n^o_{1p} \\ n^o_{21} & n^o_{22} & \cdots & n^o_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ n^o_{m1} & n^o_{m2} & \cdots & n^o_{mp} \end{bmatrix}, \tag{11}$$

де $n^o_{11}...n^o_{mp}$ – нормовані значення відповідних наслідків.

Після формування усіх матриць для кожного рішення обчислюється його ефективність за формулою:

$$E_{r_j} = \sum_{i=1}^{p} (k_i n_{ji} n_{ji}^{o}), \qquad (12)$$

де j – кількість рішень, для яких виконується оцінювання, $j = \overline{1, h(3g+3)+2}$, h – максимальна кількість загонів патрульної-постової служби на дільниці, де працює ОЧ, g – максимальна кількість загонів дорожньо-патрульної служби на даній дільниці. Більш ефективним вважається рішення, для якого результат (12) є максимальним. Виходячи з кількості наслідків, наведеної у [6], $p = 9$. Отже, (12) можна записати, як: $E_{r_j} = \sum_{i=1}^{9} (k_i n_{ji} n_{ji}^{o})$.

Для визначення того, як використана матриця відношень критеріїв відповідає властивості сумісності, скористаємося запропонованим Сааті індексом погодженості (ІП) [4]. Він розраховується за формулою:

$$ІП = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \qquad (13)$$

де n – розмірність матриці, λ_{max} – максимальне власне значення матриці.

Розрахунки показали, що для більшості сформованих матриць ІП знаходився у межах 0,009…0,055, що не перевищує допустимого граничного значення 0,1 [4].

Для тестування серед однакової кількості можливих рішень декількох ситуацій були обрані найбільш ефективні за допомогою трьох різних методів оцінювання ефективності рішень. Правильність остаточного рішення оцінював начальник чергової зміни в залежності від його відповідності існуючим планам дій.

Пошук найбільш ефективних рішень проходив за методом на основі узагальнюючого критерію (адитивного) та за методом попарних порівнянь, також було використано метод оцінювання ефективності рішень для СППР ОЧС.

Результати пошуку найбільш ефективних рішень без та із застосуванням зазначеного методу наведені у табл. 1.

Отримані результати показали, що використання запропонованого у статті методу оцінювання ефективності рішень дозволяє підвищити відсоток правильних рішень до 96% у порівнянні з 72% правильних рішень, визначених за методом на основі узагальнюючого критерію, та з 88%, визначених за методом попарних порівнянь.

Таблиця 1 – Результати пошуку найбільш ефективних рішень

	Метод на основі узагальнюючого критерію	Метод попарних порівнянь	Метод оцінювання ефективності рішень для СППР ОЧС
Відсоток правильних рішень	72%	88%	96%

Висновки

У статті було розглянуто задачу оцінювання ефективності рішень ОЧ. Аналіз зазначеної задачі показав, що вона є задачею багатокритеріальної оптимізації і потребує для свого вирішення задіювання відповідних методів.

Виявлено, що існуючі методи оцінювання ефективності рішень не задовольняють вирішенню даної задачі, а тому не можуть бути використані. Було запропоновано удосконалений метод, який базується на використанні матриці відношення критеріїв та врахуванні наслідків рішень. Запропонований метод оцінювання ефективності рішень дозволяє підвищити відсоток визначених правильних рішень до 96% та має наступні переваги:

- результатом завжди є єдине та ефективне рішення;
- усунена можливість компенсації значень часткових критеріїв.

Зазначений метод був реалізований у підсистемі оцінювання ефективності рішень СППР ОЧС [7].

Література

1. Тітова В.Ю. Інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень для оперативно-чергових служб / В.Ю. Тітова // Искусственный интеллект. – 2006. – № 4. – С. 504-509.
2. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / Ларичев О.И. – М. : Логос, 2000. – 354 с.
3. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория вычислений и приложения / Штойер Р. – Москва : Наука, 1992. – 204 с.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Саати Т. – Москва : Радио и Связь, 1993. – 320 с.
5. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа. – М. : Радио и связь, 1981. – 560 с.
6. Тітова В.Ю. Математична модель опису процесу прогнозування розвитку ситуації при охороні суспільного порядку органами внутрішніх справ / В.Ю. Тітова // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : ХНУ, 2007. – Т. 1, № 2. – С. 140-145.
7. Тітова В.Ю. Інформаційна технологія та засоби підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб / В.Ю. Тітова, В.М. Локазюк // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : ХНУ, 2008. – № 4. – С. 226-231.

В.Ю. Титова
Оценивание эффективности решений в системе поддержки принятия решений для оперативно-дежурных служб
В статье рассматриваются известные методы оценивания эффективности решений, анализируется возможность их использования в системе поддержки принятия решений для оперативно-дежурных служб. Предлагается метод оценивания эффективности решений, который позволяет повысить процент принятых правильных решений.

V.U. Titova
Evaluation of Efficiency of Decisions in the Decision Support System for the Efficient-Duty Services
The known methods of evaluation of efficiency of decisions are considered in the article, possibility of their use in the decision support system for the efficient-duty services is analyzed. A method of evaluation of efficiency of decisions which allows to enhonce a percentage of accepted correct decisions, is offered.

Стаття надійшла до редакції 02.06.2009.